



职业教育改革与创新系列教材
ZHIYE JIAOYU GAIGE YU CHUANGXIN XILIE JIAOCAI

液压与气动技术 简明教程

YEYA YU QIDONG JISHU JIANMING JIAOCHENG

金黎明 王永润 编



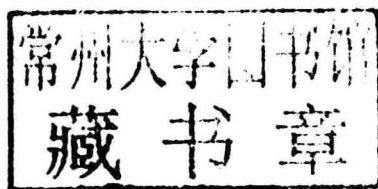
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件

职业教育改革与创新系列教材

液压与气动技术简明教程

金黎明 王永润 编



机械工业出版社

本书以“以学生为中心,做中教、做中学,教学做合一、心手脑并用”为教学理念,删减了过多、过难的理论知识,仅将内容聚焦在中职学生应知、应会的基础知识上,大大地简化了知识内容,打破了原有的体系,这与中职学生的学习目的和学习状态相符合,使学生通过任务去学习知识和技能,变枯燥的理论学习为主动的探索学习。

本书主要内容包括液压传动和气压传动两部分,讲述了液压传动与气压传动在工程应用过程中常用到的基本知识与技能。

本书可作为中等职业学校、技工院校的教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术简明教程/金黎明,王永润编. —北京:机械工业出版社,2012.10
职业教育改革与创新系列教材
ISBN 978-7-111-40035-6

I. ①液… II. ①金… ②王… III. ①液压传动—中等专业学校—教材
②气压传动—中等专业学校—教材 IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第241382号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王佳玮 责任编辑:王佳玮

版式设计:霍永明 责任校对:卢惠英

责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·7.5印张·164千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40035-6

定价:16.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

随着我国经济的飞速发展，职业院校（技校）作为我国教育事业的重要组成部分，其作用越来越明显。

中职院校的人才培养目标是一线的高素质劳动者和中初级专门人才。与现代社会相适应的教学方法应是使学生“会学”，而不是“学会”。教学不单是知识的传递，更重要的是知识的处理和转换，以培养学生的创新能力和实际操作能力。依据这一理念，我们组织编写了这本基于任务过程一体化的教材。

本书在编写过程中以够用为原则，尽量避免过深的理论知识，配合大量直观的实物图片，将复杂问题简单化、抽象问题直观化。本书体现了行动导向教学的精髓，“以学生为中心，做中教、做中学，教学做合一、心手脑并用”。强调学生在“做中学，学中做”，注重学生的动手实践活动，本课程建议采用任务驱动法开展教学活动，使学生通过任务去学习知识和技能，变枯燥的理论学习为主动的探索学习。学生化静为动，以动为学；教师化讲为导，以导为教；课堂管理整零为组，以组来学；课堂气氛变接受为探究，化被动为主动。

本书包含液压与气动两部分，液压部分由金黎明编写，气动部分由王永润编写，由金黎明统稿。本书的教学过程建议不低于 40 学时，各课题建议学时分配见下表：

课 题	学 时	课 题	学 时
课题一 走进液压传动的世界	2	课题七 流量控制阀及速度控制回路	2
课题二 液压系统的动力元件	4	课题八 液压系统综合分析	8
课题三 执行元件——液压缸	4	课题九 走进气压传动的世界	2
课题四 液压辅助元件	2	课题十 学习气动元件	4
课题五 方向控制阀及方向控制回路	2	课题十一 典型气动回路	8
课题六 压力控制阀及压力控制回路	2		
合计		40 学时	

由于编者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

课题一 走进液压传动的世界	1
活动 1 探讨液压传动系统的基本原理	2
活动 2 认识液压传动系统的组成	3
活动 3 探讨液压传动的基础知识	5
课题内容小结	6
课后任务	6
知识拓展	7
课题二 液压系统的动力元件	11
活动 1 探讨容积式液压泵的工作原理	12
活动 2 研究液压泵的主要性能参数	14
活动 3 探讨齿轮泵的工作原理及结构	15
活动 4 探讨叶片泵的工作原理及结构	16
活动 5 探讨柱塞泵的工作原理及结构	17
活动 6 选用液压泵	19
课题内容小结	19
课后任务	20
知识拓展	20
课题三 执行元件——液压缸	23
活动 1 学习液压缸的类型及其图形符号	24
活动 2 探讨活塞式液压缸	25
活动 3 了解液压缸的技术特点	26
课题内容小结	28
课后任务	29
知识拓展	29
课题四 液压辅助元件	31
活动 1 认识液压辅助元件	32
活动 2 液压系统的安装	36
课题内容小结	38
课后任务	38

知识拓展	38
课题五 方向控制阀及方向控制回路	41
活动 1 探讨单向阀的工作原理及用途	42
活动 2 探讨换向阀的工作原理	45
活动 3 分析液压磨床的换向回路	47
课题内容小结	48
课后任务	48
知识拓展	49
课题六 压力控制阀及压力控制回路	51
活动 1 探讨溢流阀的工作原理及用途	52
活动 2 探讨减压阀的工作原理及用途	56
活动 3 探讨顺序阀的工作原理及用途	58
课题内容小结	59
课后任务	59
知识拓展	60
课题七 流量控制阀及速度控制回路	63
活动 1 探讨节流阀的工作原理及特点	64
活动 2 分析由流量控制阀组成的调速回路	67
课题内容小结	68
课后任务	68
知识拓展	69
课题八 液压系统综合分析	73
活动 1 分析组合机床动力滑台液压系统	74
活动 2 分析液压压力机的液压系统	77
课题内容小结	80
课后任务	80
知识拓展	81
课题九 走进气压传动的世界	83
活动 1 认识气压传动系统	84
活动 2 探讨气压传动系统的应用特点	86
课题内容小结	87
课后任务	88
知识拓展	88

课题十 学习气动元件	89
活动 1 认识气动执行元件	90
知识拓展	94
活动 2 进入气动控制阀的世界	95
知识拓展	97
课题内容小结	99
课后任务	99
课题十一 典型气动回路	101
活动 1 学习基本气动回路	102
活动 2 一些气动实例	105
知识拓展	107
活动 3 设计气动系统	109
课题内容小结	110
课后任务	110
知识拓展	111
参考文献	113

课

题

一

走进液压传动的世界

- ✎ 活动 1 探讨液压传动系统的基本原理
- ✎ 活动 2 认识液压传动系统的组成
- ✎ 活动 3 探讨液压传动的基础知识

相对于机械传动, 液压传动是一门新的技术。液压传动起源于 1654 年帕斯卡提出的静压传动原理, 经过几百年的发展, 尤其是随着科学技术特别是控制技术和计算机技术的发展, 液压传动与控制技术在机械中的应用已经非常广泛, 可以说到处都能看到它的身影。



说一说: 如图 1-1 至图 1-4 所示这些机械设备有何共同点?



图 1-1 手动液压托盘搬运车

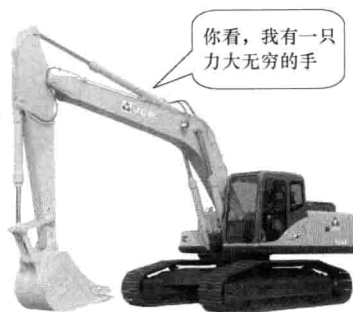


图 1-2 挖掘机



图 1-3 剪式液压千斤顶



图 1-4 自卸车



学习目标

学完本课题后, 应具备以下能力:

- 1) 了解液压传动系统的基本原理。
- 2) 能正确区分液压传动系统的各组成部分并说出其作用。



活动 1 探讨液压传动系统的基本原理

想一想

图 1-5 所示是液压千斤顶, 它用很小的力便能举起很重的重物, 你知道它的工作原理吗?

提示：注意观察图 1-6b、c 两图，b 图中的杠杆 1 向____（上、下）提，油腔 4 容积变____（大、小），单向阀 8____（关闭、打开），单向阀 5____（关闭、打开），油箱 6 中的油液进入油腔____（4、10）。c 图中的杠杆 1 向____（上、下）提，油腔 4 容积变____（大、小），单向阀 8____（关闭、打开），单向阀 5____（关闭、打开），油腔 4 经过单向阀 8 进入油腔 10，重物被____（举起、放下）。

别看我个子小，力气可大呢



图 1-5 手动液压千斤顶

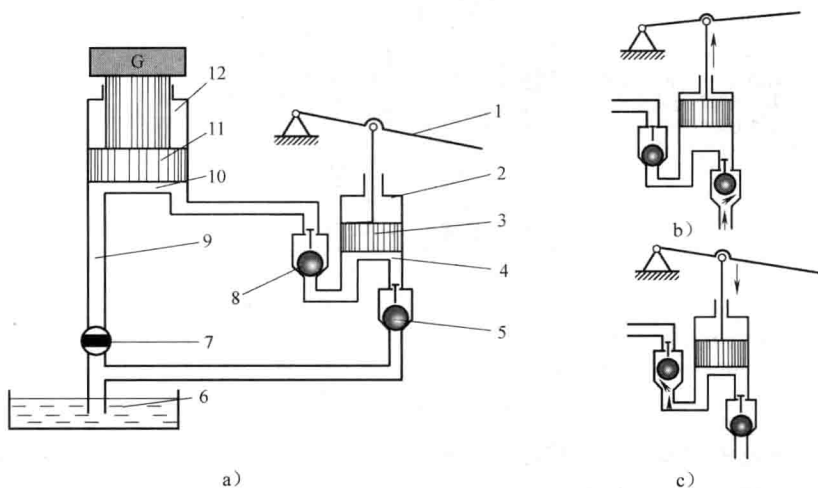


图 1-6 液压千斤顶的工作原理

a) 工作原理图 b) 泵的吸油过程 c) 泵的压油过程

1—杠杆 2—泵体 3、11—活塞 4、10—油腔 5、8—单向阀

6—油箱 7—放油阀 9—油管 12—缸体

液压千斤顶是一个简单的液压传动装置，从其工作过程可以看出液压传动的工作原理，即以油液作为工作介质，通过密封容积的变化来传递运动，通过油液内部的压力来传递动力。由此可见，液压传动系统实际上是一种能量转换装置，整个系统先将机械能转换为液压能，再将液压能转换为机械能。



活动 2 认识液压传动系统的组成

机床工作台液压传动系统如图 1-7 所示，从机床工作台液压传动系统的工作过程可以看出，一个完整的、能够正常工作的液压传动系统，应该由____、____、____和辅助元件四个主要部分来组成。

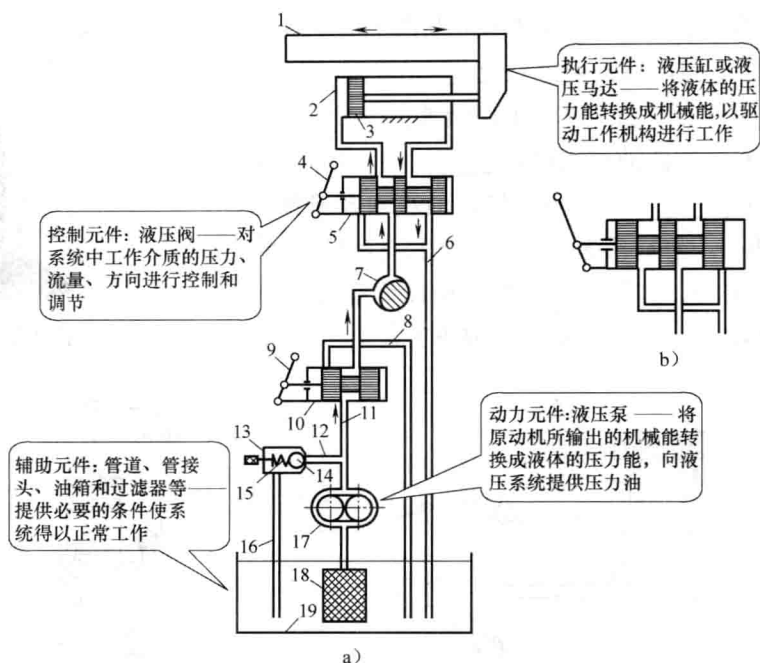


图 1-7 机床工作台液压传动系统

- 1—工作台 2—液压缸 3—活塞 4—换向手柄 5—换向阀 6、8、16—回油管
7—节流阀 9—开停手柄 10—开停阀 11—压力管 12—压力支管 13—溢流阀
14—钢球 15—弹簧 17—液压泵 18—过滤器 19—油箱

当液压系统发生故障时，根据原理图进行检查十分方便，但图形比较复杂，绘制比较麻烦。我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准，即“液压系统及元件图形符号和回路图 第一部分：用于常规用途和数据处理的图形符号（GB/T786.1—2009）”。图 1-8 所示是用图形符号表示的机床工作台液压系统图。

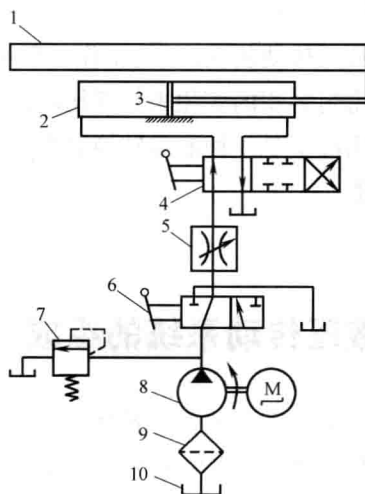


图 1-8 机床工作台液压系统的图形符号

- 1—工作台 2—液压缸 3—油塞 4—换向阀 5—节流阀
6—开停阀 7—溢流阀 8—液压泵 9—过滤器 10—油箱



活动3 探讨液压传动的基础知识

如图 1-9 所示, 右边小活塞上用很小的力 F 通过液压系统便能托起左边重的物体。

想一想

为什么液压系统可以将力放大? 又是依靠什么工作介质来传递力? 如何选用工作介质? 下面就让我们一起探讨这些问题。

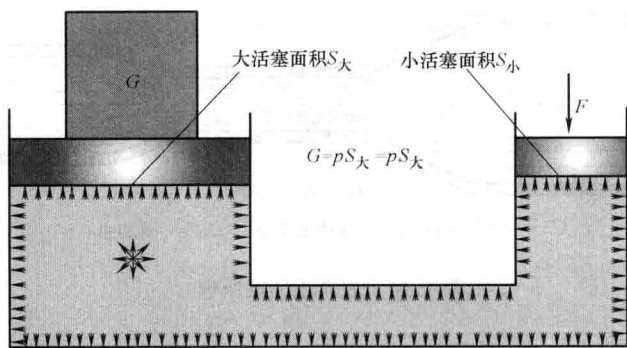


图 1-9 系统内各方向压力相等

1. 液体的静压力及性质

静止液体在单位面积上所受的法向力称为静压力 p 。静压力在液压传动中简称压力, 在物理学中则称为压强。当在液体的单位面积上受到均匀分布的作用力 F 时, 则静压力 p 可表示为

$$p = \frac{F}{A}$$

液体静压力有以下特点: 液体静压力垂直于其承压面, 其方向和该面的内法线方向一致; 静止液体内部任一点所受的静压力在各个方向上都相等。

压力的国际单位是 Pa (帕, N/m^2) 或 MPa (兆帕, N/mm^2 , $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$)。除此之外, 还有工程中常用的 bar (巴) $1\text{bar}=10^5\text{Pa}$ 。

压力有绝对压力和相对压力两种表示方法, 绝对压力是以真空为基准表示的压力, 相对压力则是以大气压力作为基准所表示的压力。通常所指的压力是指相对压力。

2. 帕斯卡定律

如图 1-9 所示, 帕斯卡定律可表述为盛放在密闭容器内的液体, 受到外界压力作用时 (自重所形成的那部分压力相对较小, 在液压系统中可忽略不计), 产生的压力等值传递至整个液体内部各点, 即系统内各点压力相同。

3. 液流连续性原理

如图 1-10 所示,液体在流动时,通过任一通流横截面的速度、压力和密度不随时间改变的流动称为稳流。反之,速度、压力和密度其中一项随时间而变,就称为非稳流。

对稳流而言,相同时间内,液体以稳流流动通过管内任一截面的液体质量必然相等。

液压系统中通过任一截面的流量是常量——即液流连续性原理。由此还得出另一个重要的基本概念:流动速度取决于流量,而与流体的压力无关。

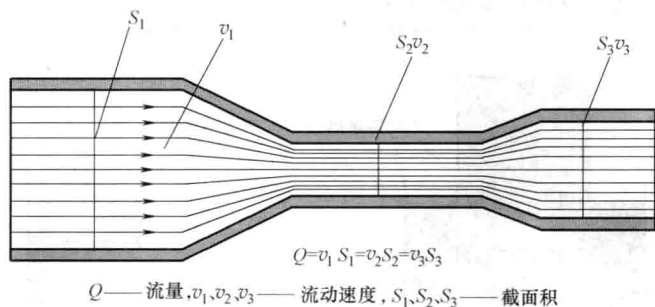


图 1-10 液流连续性原理



【课题内容小结】

- 1) 液压传动的工作原理是:以油液作为工作介质,通过密封容积的变化来传递运动,通过油液内部的压力来传递动力。
- 2) 液压系统由四个部分组成,分别是动力部分、执行部分、控制部分和辅助部分。
- 3) 国家标准规定各种液压元件都可用相应的符号表达,从而简化原理图,便于查找故障。
- 4) 液体静压力垂直于其承压面,其方向和该面的内法线方向一致;静止液体内部任一点所受的静压力在各个方向上都相等。
- 5) 帕斯卡定律:盛放在密闭容器内的液体,受到外界压力作用时(自重所形成的那部分压力相对较小,在液压系统中可忽略不计),产生的压力等值传递至整个液体内部各点,即系统内各点压力相同。
- 6) 连续性定理:液体以稳流流动通过管内任一截面的液体质量必然相等。



【课后任务】

想一想,哪些设备采用了液压传动方式,并试着区分系统中各组成部分及作用。通过表 1-1 进行自评。

表 1-1 学习自评表

序 号	项 目	配 分	得 分	备 注
1	叙述液压传动工作原理	30		
2	简述液压传动系统的组成	30		
3	能用符号表示液压千斤顶工作原理	20		
4	能说出液压传动的两个定理	20		



【知识拓展】

一、液压传动技术的应用特点

液压传动技术广泛应用于民用和国防工业中，它与机械传动、电气传动相比，具有以下的主要优点：

- 1) 由于液压传动是管道连接，所以借助油管的连接可以方便、灵活地布置传动机构。
- 2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。
- 3) 可在大范围内实现无级调速。
- 4) 传递运动均匀平稳，负载变化时速度较稳定。
- 5) 液压装置易于实现过载保护。
- 6) 液压传动容易实现自动化。
- 7) 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，便于设计、制造和推广使用。

液压传动系统的主要缺点如下：

- 1) 液压传动不能保证严格的传动比。
- 2) 液压传动对油温的变化比较敏感，不宜在温度变化很大的环境条件下工作。
- 3) 液压元件的配合件制造精度要求较高，加工工艺较复杂。
- 4) 液压传动要求有单独的能源，不像电源那样使用方便。
- 5) 液压系统发生故障不易检查和排除。

总之，液压传动的优点是主要的，随着设计、制造和使用水平的不断提高，有些缺点正在逐步得到克服。液压传动有着广泛的发展前景。

二、液压油的性质及选用

在液压传动系统中，力的传递是依靠液体来完成的，液体是液压传动系统中的工作介质。在实际的液压传动系统中，常用油类作为工作介质，这种油称为液压油。

1. 液压油的性质

- (1) 密度 单位体积液体的质量称为该液体的密度。密度是液体的一个重要参数。随着

温度和压力的变化,其密度也会发生变化,但变化量一般很小,在实际应用时一般忽略不计。

(2) 可压缩性 液体受压力作用而发生体积变小的性质称为液体的可压缩性。

对一般液压系统,可认为液压油是不可压缩的。需要说明的是,当液压油中混入空气时,其可压缩性将明显增加,且会影响液压系统的工作性能。

(3) 粘性 液体在外力作用下流动时,液体内部分子间的内聚力会阻碍分子的相对运动,即分子间会产生一种内摩擦力,这一特性称为液体的粘性。粘性是选择液压油的一个重要参数。

2. 液压油的分类与选用

液压油的品种由其代号和后面的数字表示,代号中 L 是石油产品的总分类号“润滑剂和有关产品”,H 表示液压系统用的工作介质,数字表示为该工作介质的某个粘度等级。石油型液压油是最常用的液压系统工作介质,其分类及应用见表 1-2。

表 1-2 石油型液压油

分 类	代 号	组成和特性	应 用
精制矿物油	L—HH	无抑制剂的精制矿油	循环润滑油,低压液压系统
普通液压油	L—HL	精制矿油,并改善其耐锈和耐氧化性	一般液压系统
抗磨液压油	L—HM	HL 油,并改善其抗磨性	低、中、高压液压系统,特别适合于有防磨要求、带叶片泵的液压系统
低温液压油	L—HV	HM 油,并改善其粘温特性	能在 $-40^{\circ}\text{C}\sim-20^{\circ}\text{C}$ 的低温环境中工作,用于户外工作的工程机械和船用设备的液压系统
高粘度指数液压油	L—HR	HL 油,并改善其粘温特性	粘温特性优于 L—HV 油,用于数控机床液压系统和伺服系统
液压导轨油	L—HG	HM 油,并具有粘-滑特性	适用于导轨和液压系统共用一种油品的机床,对导轨有良好的润滑性能和防爬性
其他液压油		加入多种添加剂	用于高品质的专用液压系统

三、常见术语

1. 压力损失

由于液体具有粘性,在管路中流动时又不可避免地存在着摩擦力,所以液体在流动过程中必然要损耗一部分能量。这部分能量损耗主要表现为压力损失。

压力损失有沿程损失和局部损失两种。沿程损失是当液体在直径不变的直管中流过一段距离时,因摩擦而产生的压力损失。局部损失是由于管路截面形状突然变化、液流方向改变或其他形式的液流阻力引起的压力损失。总的压力损失等于沿程损失和局部损失之和。由于压力损失的必然存在,泵的额定压力要略大于系统工作时所需的最大工作压力,一般可将系统工作所需的最大工作压力乘以 1.3~1.5 的系数来估算。

2. 流量损失

在液压系统中,各被压元件都有相对运动的表面,如液压缸内表面和活塞外表面,因为

要有相对运动,所以它们之间都有一定的间隙。如果间隙的一边为高压油,另一边为低压油,则高压油就会经间隙流向低压区从而造成泄漏。同时,由于液压元件密封不完善,一部分油液也会向外部泄漏。这种泄漏造成实际流量有所减少,这就是我们所说的流量损失。

流量损失会影响速度,而泄漏又难以绝对避免,所以在液压系统中,泵的额定流量要略大于系统工作时所需的最大流量。通常也可以用系统工作所需的最大流量乘以 1.1~1.3 的系数来估算。

3. 液压冲击

(1) 原因 执行元件换向及阀门关闭使流动液体因惯性流动,或某些液压元件反应动作不够灵敏而产生瞬时压力峰值称为液压冲击。其峰值可超过工作压力的几倍。

(2) 危害 引起振动,产生噪声;使继电器、顺序阀等压力元件产生错误动作,甚至造成某些元件、密封装置和管路损坏。

(3) 预防措施 找出冲击原因,避免液流速度急剧变化。延缓速度变化的时间,估算出压力峰值,采取相应措施。如将液动换向阀和电磁换向阀联用,可有效地防止液压冲击。

4. 气穴现象

(1) 现象 如果液压系统中渗入空气,液体中的气泡随着液流运动到压力较高的区域时,气泡在较高压力作用下将迅速破裂,从而引起局部液压冲击,造成噪声和振动。另外,由于气泡破坏了液流的连续性,降低了油管的通油能力,造成流量和压力的波动,使液压元件承受冲击载荷,影响其使用寿命。

(2) 原因 液压油中含有一定量的水分,通常可溶解于油中,也可以气泡的形式混合于油中。当压力低于空气分离压力时,溶解于油中的空气分离出来,形成气泡;当压力降至油液的饱和蒸气压力以下时,油液会沸腾而产生大量气泡。这些气泡混杂于油液中形成不连续状态,这种现象称为气穴现象。

(3) 部位 吸油口及吸油管路中低于大气压处易产生气穴;油液流经节流口等狭小缝隙处时,由于速度的增加,使压力下降,也会产生气穴。

(4) 危害 气泡随油液运动到高压区,在高压作用下迅速破裂,造成体积突然减小,周围高压油高速流过来补充,引起局部瞬间冲击,压力和温度急剧升高并产生强烈的噪声的振动。

(5) 预防措施 要正确设计液压泵的结构参数和泵的吸油管路,尽量避免油道狭窄和急弯,防止产生低压区;合理选用机件材料,增加机构强度、提高表面质量、提高耐蚀能力。

5. 气蚀现象

(1) 原因 气穴伴随着气蚀发生,气穴产生的气泡中的氧也会腐蚀金属元件的表面,我们把这种因发生气穴现象而造成的腐蚀称为气蚀。

(2) 部位 气蚀现象可能发生在液压泵、管路,以及其他具有节流装置的地方,特别是液压泵装置,这种现象最为常见。气蚀现象是液压系统产生各种故障的原因之一,特别在高速、高压的液压设备中更应注意。

气蚀现象的危害和措施与气穴现象相同。

